



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 43 02 538 C 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
A 61 B 8/00
A 61 B 17/22
A 61 B 17/56
A 61 H 23/02
G 01 S 15/89
G 01 S 7/52
G 03 B 42/06

②1 Aktenzeichen: P 43 02 538.2-35
②2 Anmeldetag: 29. 1. 93
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 4. 94

DE 43 02 538 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

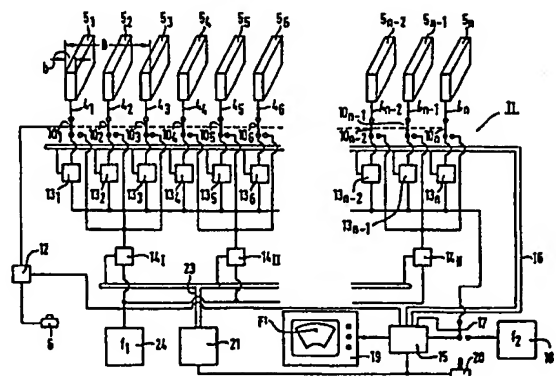
⑦2 Erfinder:
Granz, Bernd, Dipl.-Phys. Dr., 8507 Oberasbach, DE;
Schätzle, Ulrich, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

US	60 36 855
US	45 26 168
US	41 59 462
EP	3 39 693 A2
EP	1 94 897 A2

⑤4 Therapiegerät zur Ortung und Behandlung einer im Körper eines Lebewesens befindlichen Zone mit akustischen Wellen

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Therapiegerät zur Ortung und Behandlung einer im Körper eines Lebewesens befindlichen Zone mit Ultraschall und weist einen Ultraschallwandler auf, welcher wahlweise im Therapie- oder Ortungsbetrieb betreibbar ist, welcher im Therapiebetrieb auf eine Wirkzone fokussierte therapeutische Ultraschallwellen einer ersten Frequenz (f1) und im Ortungsbetrieb diagnostischen Ultraschall einer zweiten Frequenz (f2) erzeugt, und welcher im Ortungsbetrieb im Körper des Lebewesens reflektierte Anteile des diagnostischen Ultraschalls empfängt und in elektrische Signale wandelt, die einer Auswerteelektronik (11) zugeführt sind, die Bild-Information über die zu behandelnde Zone bereitstellt.



DE 43 02 538 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Therapiegerät zur Ortung und Behandlung einer im Körper eines Lebewesens befindlichen Zone mit akustischen Wellen, welches einen elektroakustischen Wandler aufweist, der wahlweise im Therapie- oder Ortungsbetrieb betreibbar ist, der im Therapiebetrieb zur Erzeugung von auf eine Wirkzone fokussierte therapeutische akustische Wellen und im Ortungsbetrieb zur Erzeugung diagnostischer akustischer Wellen schwingt, und der im Ortungsbetrieb im Körper des Lebewesens reflektierte Anteile der diagnostischen akustischen Wellen empfängt und in elektrische Signale wandelt, und welches außerdem eine Auswertelektronik aufweist, die anhand der ihr zugeführten elektrischen Signale Bild-Information über die zu behandelnde Zone bereitstellt.

Derartige Therapiegeräte werden beispielsweise zur Behandlung von pathologischen Gewebeveränderungen verwendet. Dabei wird das pathologische Gewebe durch als therapeutische akustische Wellen abgestrahlte fokussierte Ultraschallwellen erwärmt. Sofern die auftretenden Temperaturen unterhalb von 45°C liegen, wird der Zellstoffwechsel mit der Folge gestört, daß im Falle von Tumoren eine Verlangsamung des Wachstums oder sogar ein Rückgang des Tumors eintritt. Diese Behandlungsart ist als lokale Hyperthermie bekannt. Werden Temperaturen jenseits von 45°C erreicht, koagulierte das Zelleiweiß mit der Folge der Nekrotisierung des Gewebes. Letztere Behandlungsart wird als Thermotherapie bezeichnet. Die therapeutischen akustischen Wellen werden als Dauerschall abgestrahlt, der immer dann unterbrochen wird, wenn die Abstrahlung diagnostischer akustischer Wellen erfolgt.

Ein für die lokale Hyperthermie bzw. die Thermotherapie geeignetes Therapiegerät, bei dem allerdings für Ortung und Therapie getrennte Wandler vorgesehen sind, ist in der US 50 36 855 beschrieben. Dieses Gerät weist eine die Wandler für Ortung und Therapie aufnehmenden Applikatorkopf auf, der in Körperhöhlen einführbar ist.

Therapiegeräte der eingangs genannten Art können auch bei der Behandlung von Steinleiden (Lithotripsie) und Knochenleiden (Osteorestoration) Verwendung finden. In diesem Falle werden die therapeutischen akustischen Wellen z. B. in Form von Stoßwellen abgestrahlt.

Geräte der eingangs genannten Art sind beispielsweise in der US 4 526 168 und der EP 0 194 897 A2 beschrieben. In beiden Fällen ist es nicht unter allen Umständen möglich, die Lage der jeweils zu behandelnden Zone anhand der bereitgestellten Bild-Information mit solcher Genauigkeit zu bestimmen, daß diese exakt im Wirkungsbereich der therapeutischen akustischen Wellen positioniert werden kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß eine exaktere Ortung und Positionierung der zu behandelnden Zone möglich ist.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch eine Therapieeinrichtung zur Ortung und Behandlung einer im Körper eines Lebewesens befindlichen Zone mit akustischen Wellen, aufweisend

a) einen elektroakustischen Wandler, welcher wahlweise im Therapie- oder Ortungsbetrieb betreibbar ist, welcher im Therapiebetrieb auf eine Wirkzone fokussierte therapeutische akustische Wellen mit

einer ersten und im Ortungsbetrieb diagnostische akustische Wellen mit einer zweiten Frequenz erzeugt, wobei die zweite Frequenz höher als die erste Frequenz ist, und welcher im Ortungsbetrieb im Körper des Lebewesens reflektierte Anteile der diagnostischen akustischen Wellen empfängt und in elektrische Signale wandelt, und

b) eine Auswertelektronik, die anhand der ihr zugeführten elektrischen Signale Bild-Information über die zu behandelnde Zone bereitstellt.

Im Falle des erfindungsgemäßen Therapiegerätes ist es also möglich, die Frequenz der erzeugten akustischen Wellen einerseits den Bedürfnissen des Therapiebetriebes und andererseits den Bedürfnissen des Ortungsbetriebes optimal anzupassen. Dies stellt deshalb einen erheblichen Vorteil gegenüber dem Stand der Technik dar, weil von der Frequenz der akustischen Wellen zum einen die im Ortungsbetrieb erzielbare Ortsauflösung und damit die bei der Ortung und Positionierung erzielbare Genauigkeit und zum anderen die Dämpfung, die die akustischen Wellen in dem zu behandelnden Lebewesen erfahren, abhängt. Für den Therapiebetrieb ist es im Interesse einer zeitsparenden Behandlung und einer möglichst geringen, dem Patienten zugeführten Dosis akustischer Energie vorteilhaft, wenn die Dämpfung der akustischen Wellen in dem zu behandelnden Lebewesen möglichst gering ist. Im Ortungsbetrieb stellt eine höhere Dämpfung der akustischen Wellen an sich kein Problem dar, solange gewährleistet ist, daß deren reflektierten Anteile den elektroakustischen Wandler mit ausreichender Amplitude erreichen. Allerdings sollte die Ortsauflösung möglichst groß sein. Es ist daher vorgesehen, daß die Frequenz der diagnostischen akustischen Wellen höher als die Frequenz der therapeutischen akustischen Wellen ist, so wie dies in der EP 03 39 693 A2 im Zusammenhang mit einem Therapiegerät mit getrennten Wandlern für Ortung und Therapie beschrieben ist. Der Therapiebetrieb ist dann infolge einer geringen Dämpfung der akustischen Wellen in dem zu behandelnden Lebewesen besonders effektiv. Im Ortungsbetrieb ergibt sich eine hohe Ortsauflösung und damit eine hohe Genauigkeit des Ortungs- und Positioniervorganges.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß als elektroakustischer Wandler ein insbesondere piezoelektrischer Ultraschallwandler vorgesehen ist, der Dickenschwingungen ausführt und eine Grundresonanz aufweist, bei der er mit einer Frequenz schwingt, der in dem Material des Ultraschallwandlers eine Wellenlänge entspricht, die gleich der doppelten Dicke des Ultraschallwandlers ist, und daß der ersten und der zweiten Frequenz in dem Material des Ultraschallwandlers Wellenlängen entsprechen, die das Produkt einer ungeraden Zahl und der Wellenlänge der Grundresonanz sind. Bei dieser Ausführungsform wird von dem Umstand Gebrauch gemacht, daß Dickenschwingungen ausführende Ultraschallwandler neben ihrer Grundschwingung, der sogenannten $\lambda/2$ -Resonanz, auch in ihrer $3/2\lambda$ -Resonanz, $5/2\lambda$ -Resonanz usw. schwingen. Es ergibt sich somit sowohl für die erste als auch die zweite Frequenz ein guter Wirkungsgrad bei der Abstrahlung der akustischen Wellen, da infolge der wie beschrieben gewählten ersten und zweiten Frequenz zum einen auch die nach rückwärts abgestrahlten Anteile der akustischen Wellen genutzt werden können und der Ultraschallwandler zum anderen jeweils auf einer seiner Resonanzen schwingt.

Die Bild-Information kann übrigens in Form von A-, B- oder C-Modus-Ultraschallbildern, vorzugsweise in Echtzeit, bereitgestellt werden.

Gemäß einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß der Ultraschallwandler als eine Vielzahl von Ultraschall-Wandlerelementen aufweisendes phased array ausgebildet ist. In diesem Falle ist es in an sich bekannter Weise leicht möglich, einerseits im Therapiebetrieb die Wirkzone der therapeutischen akustischen Wellen den jeweiligen Bedürfnissen entsprechend auf elektronischem Wege zu verlagern, und andererseits im Ortungsbetrieb das zu behandelnde Lebewesen mit den diagnostischen akustischen Wellen in der Weise abzutasten, wie dies zur Erstellung eines B- oder C-Modus-Ultraschallbildes erforderlich ist.

Eine besonders vorteilhafte und daher bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht für den Fall der Ausbildung des Ultraschallwandlers als phased array vor, daß im Therapiebetrieb jeweils mehrere einander unmittelbar benachbarte Ultraschall-Wandlerelemente zu einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe parallelgeschaltet sind und daß die Ultraschall-Wandlerelemente einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe ohne Phasenunterschied schwingen. Es ist dann nämlich möglich, im Therapiebetrieb einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe ein gemeinsames Verzögerungsglied zuzuordnen. Es kann daher zweckmäßig sein, jeweils eine Anordnung von Verzögerungsgliedern für den Ortungs- und für den Therapiebetrieb vorzusehen. Diese Maßnahme kann aber auch im Hinblick auf die unterschiedlichen Amplituden der die Ultraschall-Wandlerelemente im Therapie- und Ortungsbetrieb antreibenden elektrischen Signale sinnvoll sein. In der Regel wird es genügen, den Ultraschallwandler als lineare Anordnung einer Vielzahl von Ultraschall-Wandlerelementen (sog. linear array) auszuführen, da es dann im Ortungsbetrieb möglich ist, die diagnostischen akustischen Wellen in der zur Erzeugung eines Sektor-Scans erforderlichen Weise abzulenken bzw. einen Linear-Scan durchzuführen. Grundsätzlich können jedoch auch matrixartige Anordnungen von Ultraschall-Wandlerelementen verwendet werden, die eine dreidimensionale Abtastung bzw. Verlagerung der Wirkzone ermöglichen.

Die Erfindung wird nachfolgend am Beispiel eines in den Zeichnungen dargestellten erfindungsgemäßen Therapiegerätes näher erläutert, das zur Behandlung der benignen Prostata-Hyperplasie vorgesehen ist. Die Fig. zeigen:

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung ein zu dem Therapiegerät gehöriges Handstück, das den elektroakustischen Wandler enthält,

Fig. 2 in perspektivischer Darstellung den in dem Handstück enthaltenen elektroakustischen Wandler,

Fig. 3 das Therapiegerät in Form eines Blockschaltbildes, und

Fig. 4 zwei unterschiedliche Betriebszustände des Therapiegerätes.

Die Fig. 1 zeigt von einem erfindungsgemäßen Therapiegerät zur Behandlung der benignen Prostata-Hyperplasie ein mit 1 bezeichnetes Handstück, das zur rektalen Applikation vorgesehen ist. Das Handstück 1 ist von etwa löffelförmiger Gestalt und weist ein etwa ovales, flaches Applikationsende 2 auf, an dem ein Handgriff 3 angebracht ist. Das Applikationsende, das eine Dicke von etwa 15 mm, eine Breite von etwa 30 mm und eine Länge von etwa 60 mm aufweist, ist zur Einführung in das Rektum des zu behandelnden Patienten vorgesehen, aus dem dann der Handgriff 3 des

Handstückes 1 vorsteht. Das Handstück 1 ist über ein Verbindungskabel 4 mit dem in Fig. 3 veranschaulichten restlichen Elementen des Therapiegerätes verbunden.

Das Handstück 1 enthält in seinem mit einem akustischen Ausbreitungsmedium, beispielsweise Wasser, gefüllten Applikationsende als elektroakustischen Wandler einen in Fig. 2 näher dargestellten Ultraschallwandler 5. Im Bereich des Handgriffes 3 des Handstückes 1 ist ein Taster 6 angebracht, mittels dessen es dem behandelnden Arzt möglich ist, das Therapiegerät von Ortungs- auf Therapiebetrieb umzuschalten, wobei der Therapiebetrieb durch Drücken des Tasters 6 eingeschaltet wird, während bei unbetätigtem Taster 6 der Ortungsbetrieb eingeschaltet ist.

Im Ortungsbetrieb erzeugt der Ultraschallwandler 5 diagnostische akustische Wellen in Form von kurzen Ultraschallpulsen, deren Länge einige Halbperioden beträgt. Im Therapiebetrieb erzeugt der Ultraschallwandler 5 zusätzlich fokussierte therapeutische akustische Wellen in Form von Ultraschallwellen. Bei den Ultraschallwellen handelt es sich um Dauerschall oder um gepulsten Dauerschall der jeweils kurzzeitig zur Abstrahlung der diagnostischen Ultraschallwellen, die ebenfalls fokussiert sind, unterbrochen wird.

Der Ultraschallwandler 5 ist gemäß Fig. 2 als sogenanntes Linear Array aufgebaut, d. h. der Ultraschallwandler 5 ist in eine Anzahl von Ultraschall-Wandlerelementen 5₁, 5₂ usw. bis 5_n unterteilt. Die Unterteilung ist derart ausgeführt, daß es grundsätzlich möglich ist, jedes der Ultraschall-Wandlerelemente 5₁ bis 5_n durch Zufuhr eines geeigneten elektrischen Signals einzeln zur Erzeugung von Ultraschallwellen anzutreiben. Ebenso ist es möglich, in der im Ortungsbetrieb erforderlichen Weise, die durch den Empfang im Körper des zu behandelnden Lebewesens reflektierter Anteile der diagnostischen Ultraschallwellen entstehenden elektrischen Signale für die einzelnen Ultraschall-Wandlerelemente 5₁ bis 5_n separat abzugreifen.

Der Übersichtlichkeit halber ist der in Fig. 2 dargestellte Ultraschallwandler nur in einige wenige, nämlich 10, Ultraschallwandlerelemente unterteilt. In der Praxis ist der Ultraschallwandler 5 in beispielsweise 128 oder 256 Ultraschall-Wandlerelemente unterteilt. Der Ultraschallwandler 5 ist in an sich bekannter Weise derart aufgebaut, daß das eigentliche piezoelektrische Material 7 in Form einer Schicht konstanter Dicke auf einem in der mechanischen Impedanz gut angepaßten Tragkörper 8 ebenfalls konstanter Dicke aufgebracht ist. Dabei erfolgt die Verbindung der Schicht 7 piezoelektrischen Materials mit dem Tragkörper 8 in nicht dargestellter Weise durch eine metallische Schicht, deren Dicke klein im Verhältnis zu der der Schicht 7 ist. Die von dem Tragkörper 8 abgewandte Fläche der Schicht 7 ist ebenfalls mit einer dünnen, nicht dargestellten metallischen Schicht versehen. Die genannten metallischen Schichten dienen als Elektroden zur elektronischen Kontaktierung der Ultraschall-Wandlerelemente 5₁ bis 5_n.

Um Ultraschall-Wandlerelemente 5₁ bis 5_n zu erhalten, die unabhängig voneinander ansteuerbar sind und deren Ausgangssignale unabhängig voneinander abgefragt werden können, ist die mit dem Tragkörper 8 verbundene piezoelektrische Schicht 7 durch quer zur Längsachse des Ultraschallwandlers 5 verlaufende schmale Einschnitte, einer davon ist in Fig. 2 mit 9 bezeichnet, in die einzelnen Ultraschall-Wandlerelemente 5₁ bis 5_n unterteilt. Um die Ultraschall-Wandlerelemente 5₁ bis 5_n mechanisch voneinander zu entkoppeln, weisen die Einschnitte 9 eine Tiefe auf, die deutlich größer

als die Dicke der piezoelektrischen Schicht 7 ist.

Bei geeigneter Ansteuerung der einzelnen Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n ist es möglich, die von dem Ultraschallwandler 5 abgestrahlten Ultraschallwellen zu fokussieren bzw. sie eine Abtastbewegung, beispielsweise im Sinne eines Sektorscans, ausführen zu lassen. Bekanntermaßen ist auf diesem Wege eine Fokussierung bzw. die Ausführung einer Abtastbewegung nur in Richtung der Längsachse des Ultraschallwandlers 5 bzw. des linear array möglich. Um eine Fokussierung auch quer dazu zu erreichen, ist der Ultraschallwandler 5 in der in Fig. 2 angedeuteten, aus der US 41 49 462 im Zusammenhang mit diagnostischen Ultraschallwandlern an sich bekannten Weise um eine parallel zu seiner Längsachse verlaufende Achse zylindrisch gekrümmt, so daß sich bei gleichzeitiger Ansteuerung aller Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n eine Fokussierung der Ultraschallwellen auf eine in Fig. 2 mit FL bezeichneten linienförmige Wirkzone ergibt, der parallel zur Längsachse des Ultraschallwandlers 5 bzw. des linear array verläuft. Bei Ansteuerung des Ultraschallwandlers 5 nach Art eines phased array ist eine beispielsweise sektorförmige Körperschicht des zu behandelnden Lebewesens zu Ortungszwecken abtastbar. Ein entsprechender Sektor ist in Fig. 1 angedeutet und mit S bezeichnet. Im Therapiebetrieb kann das in Fig. 1 mit F bezeichnete Zentrum der jeweils eingestellten Wirkzone in der Mittelebene der sektorförmigen Schicht verlagert werden.

Wie die Ansteuerung der Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n erfolgt, wird im folgenden anhand der Fig. 3 näher beschrieben. Dort sind von den Ultraschall-Wandlerelementen 5_1 bis 5_n exemplarisch die Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_6 und 5_{n-2} bis 5_n dargestellt. Diese sind jeweils über eine Leitung 4_1 bis 4_n des Verbindungskabels 4 mit einem Schalter 10_1 bis 10_n verbunden. Die Schalter 10_1 bis 10_n sind Bestandteile einer insgesamt mit 11 bezeichneten Steuer- und Bilderzeugungselektronik. Die Schalter 10_1 bis 10_n , bei denen es sich vorzugsweise um elektronische Schalter handelt, werden von einer Ansteuerstufe 12 derart betätigt, daß sämtliche Schalter 10_1 bis 10_n jeweils die gleiche Schaltstellung einnehmen. Dies ist in Fig. 3 dadurch veranschaulicht, daß die Schalter 10_1 bis 10_n durch eine strichlierte Linie miteinander verbunden sind.

Wenn die Schalter 10_1 bis 10_n ihre in Fig. 3 dargestellte Schaltstellung einnehmen, die dem Ortungsbetrieb entspricht, ist jedes der Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n mit einem entsprechenden Verzögerungsglied 13_1 bis 13_n verbunden. Nehmen die Schalter 10_1 bis 10_n dagegen ihre andere Schaltstellung ein, die dem Therapiebetrieb entspricht, sind jeweils drei Ultraschall-Wandlerelemente, z. B. die Ultraschall-Wandlerelemente 5_4 bis 5_6 , mit einem entsprechenden Verzögerungsglied, z. B. dem Verzögerungsglied 14_{II} , verbunden. Es wird also deutlich, daß die Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n im Therapiebetrieb zu Gruppen zu je drei Ultraschallwandlerelementen zusammengefaßt sind, die in Fig. 3 mit I bis N bezeichnet sind. Die entsprechenden Verzögerungsglieder sind mit 14_I bis 14_N bezeichnet.

Die Verzögerungszeiten der Verzögerungsglieder 13_1 bis 13_n werden von einer Bilderzeugungsschaltung 15 über einen Leitungsbus 16 individuell eingestellt. Die Einstellung der Verzögerungszeiten erfolgt derart, daß dann, wenn die Verzögerungsglieder 13_1 bis 13_n mittels des von der Bilderzeugungsschaltung 15 betätigten Schalters 17 alternierend mit einem Oszillator 18 bzw. der Bilderzeugungsschaltung 15 verbunden werden, gemäß Fig. 1 eine sektorförmige Körperschicht des zu be-

handelnden Lebewesens abgetastet wird. Das entsprechende Ultraschallbild wird auf einem an die Bilderzeugungsschaltung 15 angeschlossenen Monitor 19 dargestellt.

Sind die Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n über die Verzögerungsglieder 13_1 bis 13_n und den Schalter 17 mit dem Oszillator 18 verbunden, so werden sie von diesem zur Abgabe eines Ultraschallimpulses angetrieben. Unmittelbar im Anschluß hieran ändert die Bilderzeugungsschaltung 15 die Schaltstellung des Schalters 17, so daß die den mittels der Ultraschall-Wandlerelemente 15_1 bis 15_n empfangenen reflektierten Anteile des Ultraschallimpulses entsprechenden elektrischen Signale über die Verzögerungsglieder 13_1 bis 13_n und den Schalter 17 zu der Bilderzeugungsschaltung 15 gelangen. Dabei sind die Verzögerungszeiten der Verzögerungsglieder 13_1 bis 13_n derart eingestellt, daß die Abstrahlung des Ultraschallimpulses in einer ersten Richtung erfolgt. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrfach, beispielsweise 256mal, wobei jedoch die Bilderzeugungsschaltung 15 bei jeder Wiederholung dieses Vorganges die Verzögerungszeiten derart verändert, daß sich jeweils eine derart veränderte Abstrahlrichtung des Ultraschallimpulses ergibt, daß schließlich die sektorförmige Körperschicht abgetastet ist. Aus den so erhaltenen elektrischen Signalen erstellt die Bilderzeugungsschaltung in an sich bekannter Weise ein B-Modus-Ultraschallbild. Im Ortungsbetrieb wiederholt sich im Anschluß hieran der beschriebene Ablauf von neuem, mit der Folge, daß ein aktualisiertes Ultraschallbild erstellt wird.

An die Bilderzeugungsschaltung 15 ist ein Joystick 20 angeschlossen, mittels dessen es möglich ist, eine in das auf dem Monitor 19 dargestellte Ultraschallbild eingeblendete Marke F' zu verschieben. Eine Fokussierungssteuerung 21, die ebenfalls mit dem Joystick 20 verbunden ist, stellt dann über einen Leitungsbus 23 die einzelnen Verzögerungszeiten der Verzögerungsglieder 14_1 bis 14_N derart ein, daß die dann von den mittels eines Oszillators 24 angesteuerten Ultraschall-Wandlerelementen 5_1 bis 5_n ausgehenden therapeutischen Ultraschallwellen auf eine Wirkzone fokussiert sind, wenn die Schalter 10_1 bis 10_n in ihre dem Therapiebetrieb entsprechende Stellung gebracht werden. Das Zentrum F der Wirkzone liegt im Körper des zu behandelnden Lebewesens an der Stelle, die der mittels der Marke F' in dem Ultraschallbild markierten Stelle entspricht.

Bei den therapeutischen Ultraschallwellen handelt es sich um Dauerschall oder um gepulsten Dauerschall. Die therapeutischen Ultraschallwellen werden im Therapiebetrieb, der wie bereits erwähnt durch Betätigung des Tasters 6 eingeschaltet wird, periodisch kurzzeitig unterbrochen, um auch während des Therapiebetriebes das Ultraschallbild zu aktualisieren. Zu diesem Zweck wirkt die Bilderzeugungsschaltung 15 auf die Ansteuerstufe 12 ein und bringt die Schalter 10_1 bis 10_n in die für die Erzeugung eines Ultraschallbildes erforderliche Zeit in die dem Ortungsbetrieb entsprechende Stellung. Danach kehren die Schalter bis zur Anfertigung des darauffolgenden Ultraschallbildes in ihre dem Therapiebetrieb entsprechende Schaltstellung zurück. Während die Ultraschallbilder im Ortungsbetrieb mit einer Folgefrequenz von z. B. 25 Hz erzeugt werden, liegt die Folgefrequenz im Therapiebetrieb beispielsweise bei 0,2 bis 1 Hz.

Im Therapiebetrieb steuert der Oszillator 24 die Ultraschall-Wandlerelemente zur Erzeugung therapeutischer Ultraschallwellen einer ersten Frequenz f_1 an,

die niedriger als die Frequenz f_2 der diagnostischen Ultraschallwellen ist, die die Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n bei Ansteuerung durch den Oszillator 18 im Ortungsbetrieb abgeben. Es wird somit in vorteilhafter Weise bei der Erstellung der Ultraschallbilder eine hohe Ortsauflösung erzielt, so daß es möglich ist, die zu behandelnde Zone mit erhöhter Genauigkeit zu orten und die Wirkzone mit erhöhter Genauigkeit in der zu behandelnden Zone zu positionieren. Zugleich ist gewährleistet, daß die therapeutischen Ultraschallwellen nicht unnötigerweise gedämpft werden.

Die Breite b der Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n ist derart gewählt, daß sie kleiner als die halbe Wellenlänge der diagnostischen Ultraschallwellen in dem jeweiligen akustischen Ausbreitungsmedium, d. h. dem in dem Handstück 1 enthaltenen Ausbreitungsmedium bzw. dem Körpergewebe des zu behandelnden Lebewesens, ist. Hierdurch ist sichergestellt, daß die Abstrahlung der diagnostischen Ultraschallwellen ungerichtet erfolgt, was Voraussetzung dafür ist, in der beschriebenen Weise eine sektorförmige Körperschicht eines zu behandelnden Lebewesens abtasten zu können.

Die Zahl der Ultraschall-Wandlerelemente, die jeweils zu einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe parallel geschaltet sind, ist so gewählt, daß die Breite B der Ultraschall-Wandlerelementengruppe kleiner als die halbe Wellenlänge der therapeutischen Ultraschallwellen im jeweiligen akustischen Ausbreitungsmedium ist. Die Abstrahlung der therapeutischen Ultraschallwellen erfolgt dann ungerichtet, was Voraussetzung ist, um die Wirkzone in der beschriebenen Weise verlagern zu können.

Bei dem Ultraschallwandler 5 bzw. dessen Wandlerelementen 5_1 bis 5_n handelt es sich um Ultraschallschwinger, die Dickenschwingungen ausführen. Bekanntlich weist ein solcher Ultraschallwandler bzw. weisen solche Ultraschall-Wandlerelemente, eine Grundresonanz auf, der eine Wellenlänge entspricht, die gleich der doppelten Dicke des Ultraschallwandlers ist. Außerdem treten weitere Resonanzen auf, deren Wellenlängen jeweils dem Produkt einer ungeraden Zahl und der Wellenlänge der Grundresonanz entsprechen. Um sicherzustellen, daß sowohl die Abstrahlung der therapeutischen als auch der diagnostischen Ultraschallwellen mit einem hohen Wirkungsgrad erfolgt, sind daher im Falle des erfindungsgemäßen Therapiegerätes die erste Frequenz f_1 und die zweite Frequenz f_2 derart gewählt, daß die entsprechenden Wellenlängen in dem Material der Ultraschallwandlerelemente 5_1 bis 5_n dem Produkt einer ersten bzw. zweiten ungeraden Zahl und der Wellenlänge der Grundresonanz entsprechen. Die Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n arbeiten dann also sowohl im Therapie- als auch im Ortungsbetrieb unter Resonanzbedingungen.

Zur Durchführung einer Behandlung wird derart vorgegangen, daß das Handstück 1 mit seinem Applikationsende 2 in das Rektum des Patienten eingeführt wird. Dabei unterbleibt zunächst die Betätigung des Tasters 6. Das Gerät befindet sich somit im Ortungsbetrieb. Das Handstück wird nun so ausgerichtet, daß das zu behandelnde Objekt im Ultraschallbild erscheint. Der behandelnde Arzt setzt nun mittels des Joysticks 20 die Marke F' auf die zu behandelnde Zone. Dann drückt er auf den Taster 6 am Handgriff 3, wodurch auf Therapiebetrieb geschaltet wird. Es werden dann therapeutische Ultraschallwellen abgestrahlt, deren Wirkzone im zu behandelnden Objekt eine solche Lage einnimmt, daß sich ihr Zentrum F an der der eingestellten Position

der Marke F' entsprechenden Stelle befindet. Da während der Therapie in der zuvor beschriebenen Weise ständig kurzzeitig in den Ortungsbetrieb umgeschaltet wird, erhält der Anwender den Eindruck einer Echtzeit-Darstellung und wird ständig über den therapeutischen Erfolg informiert. Da sich der Ultraschallwandler 5 in dem Handstück 1 befindet, ist es leicht möglich, während der Therapie die Wirkzone zu verlagern, da anhand der in das Ultraschallbild eingeblendeten Marke jederzeit die Lage der Wirkzone erkennbar ist.

Der Therapiebetrieb wird dadurch verlassen, daß der Taster 6 wieder losgelassen wird. Das Gerät läuft dann von selbst im Ortungsbetrieb weiter.

Für die Behandlung der benignen Prostata-Hyperplasie eignet sich ein Ultraschallwandler 5, dessen Grundresonanz bei 1,5 MHz liegt. Mit dieser Frequenz als erster Frequenz f_1 wird der Ultraschallwandler 5 auch im Therapiebetrieb betrieben. Im Ortungsbetrieb wird der Ultraschallwandler 5 in seine $3/2\lambda$ -Resonanz betrieben, d. h. die zweite Frequenz f_2 liegt bei 4,5 MHz. Die entsprechenden Verhältnisse sind in Fig. 4 verdeutlicht.

Legt man für das Gewebe des zu behandelnden Lebewesens und das in dem Handstück befindliche akustische Ausbreitungsmedium eine Schallausbreitungsgeschwindigkeit von 1500 m/sec zugrunde, so darf die Breite b der Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n des Ultraschallwandlers 5 0,17 mm nicht übersteigen, um sicherzustellen, daß keine gerichtete Abstrahlung der diagnostischen Schallwellen erfolgt. Bei dieser Breite b der einzelnen Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n ist zugleich sichergestellt, daß auch die Abstrahlung der therapeutischen Ultraschallwellen ungerichtet erfolgt, da die Breite B der je drei Ultraschall-Wandlerelemente umfassenden Ultraschall-Wandlerelementengruppen I bis N 0,5 mm nicht übersteigt.

In gängigen piezokeramischen Werkstoffen liegt die Schallausbreitungsgeschwindigkeit bei ca. 4000 m/sec. Demnach ergibt sich für die genannten Werte der ersten und zweiten Frequenz eine Dicke d der Ultraschall-Wandlerelemente 5_1 bis 5_n in der Größenordnung von 1,3 mm.

Das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel betrifft ein Therapiegerät, das rektal appliziert, also teilinvasiv angewendet wird und zur Behandlung der benignen Prostatahyperplasie vorgesehen ist. Es können aber auch andere Therapiegeräte, die extrakorporal, d. h. nichtinvasiv, appliziert werden und/oder zur Behandlung anderer Leiden dienen, erfindungsgemäß ausgebildet werden.

Unter einem phased array ist übrigens eine durch zeitlich verzögerte Ansteuerung elektronisch fokussierbare Anordnung einer Vielzahl von Ultraschall-Wandlerelementen zu verstehen. Ein linear array ist eine lineare Anordnung einer Vielzahl von Ultraschall-Wandlerelementen. Unter einem Scan ist eine beispielsweise lineare oder sektorförmige Abtastung mittels eines Ultraschallstrahles zu verstehen.

Patentansprüche

1. Therapiegerät zur Ortung und Behandlung einer im Körper eines Lebewesens befindlichen Zone mit akustischen Wellen, aufweisend

a) einen elektroakustischen Wandler (5), welcher wahlweise im Therapie- oder Ortungsbetrieb betreibbar ist, welcher im Therapiebetrieb auf eine Wirkzone fokussierte therapeutische akustische Wellen einer ersten und im

Ortungsbetrieb diagnostische akustische Wellen einer zweiten Frequenz (f_1 bzw. f_2) erzeugt, wobei die zweite Frequenz (f_2) höher als die erste Frequenz (f_1) ist, und welcher im Ortungsbetrieb im Körper des Lebewesens reflektierte Anteile der diagnostischen akustischen Wellen empfängt und in elektrische Signale wandelt, und

b) eine Auswerteelektronik (15), die anhand der ihr zugeführten elektrischen Signale Bild-Information über die zu behandelnde Zone bereitstellt.

2. Therapiegerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als elektroakustischer Wandler (5) ein Ultraschallwandler vorgesehen ist, der Dicken-schwingungen ausführt und eine Grundresonanz aufweist, bei der er mit einer Frequenz schwingt, der eine Wellenlänge (λ) entspricht, die gleich der doppelten Dicke (d) des Ultraschallwandlers (5) ist, und daß der ersten und der zweiten Frequenz (f_1 und f_2) Wellenlängen entsprechen, die das Produkt einer ungeraden Zahl und der Wellenlänge (λ) der Grundresonanz sind.

3. Therapiegerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die der Ultraschallwandler (5) als eine Vielzahl von Ultraschall-Wandlerelementen (5_1 bis 5_n) aufweisendes phased array ausgeführt ist.

4. Therapiegerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Therapiebetrieb jeweils mehrere einander unmittelbar benachbarte Ultraschall-Wandlerelemente (5_1 bis 5_3 , 5_4 bis 5_6 , ... 5_{n-2} bis 5_n) zu einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe (I, II, ... N) parallelgeschaltet sind und das die Ultraschall-Wandlerelemente einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe (I, II, ... N) ohne Phasenunterschied schwingen.

5. Therapiegerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Therapiebetrieb einer Ultraschall-Wandlerelementengruppe (I, II, ... N) ein gemeinsames Verzögerungsglied (14_I , 14_{II} , ... 14_N) zugeordnet ist.

6. Therapiegerät nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das phased array als linear array ausgebildet ist.

7. Therapiegerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das linear array um eine parallel zu seiner Längsachse verlaufende Krümmungsachse (FL) konkav gekrümmt ist.

8. Therapiegerät nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine Anordnung von Verzögerungsgliedern (13_1 bis 13_n bzw. 14_1 bis 14_N) für den Ortungs- und für den Therapiebetrieb vorgesehen ist.

9. Therapiegerät nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerelemente (5_1 bis 5_n) im Ortungsbetrieb derart betreibbar ist, daß ein Linear-Scan erfolgt.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

65

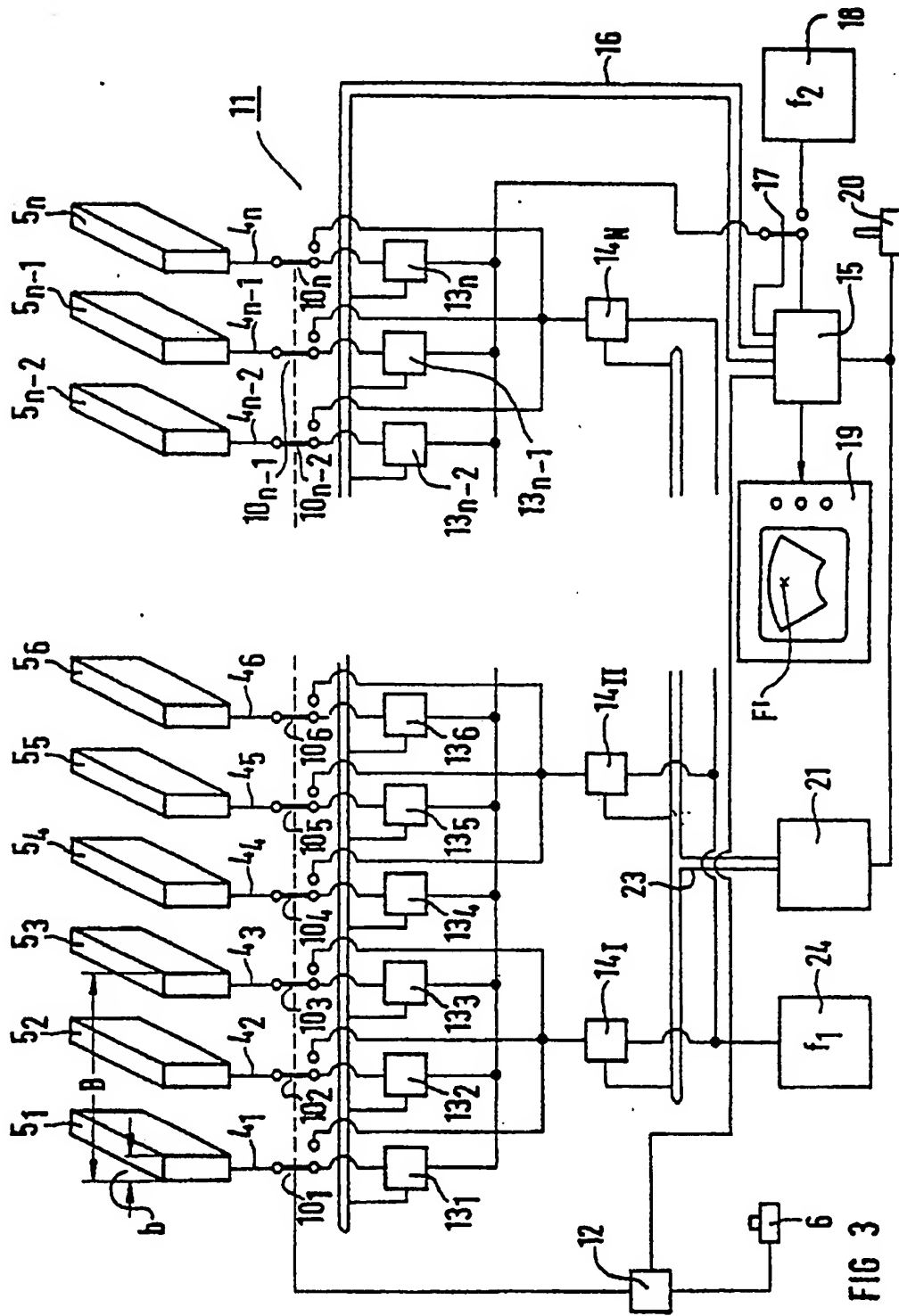
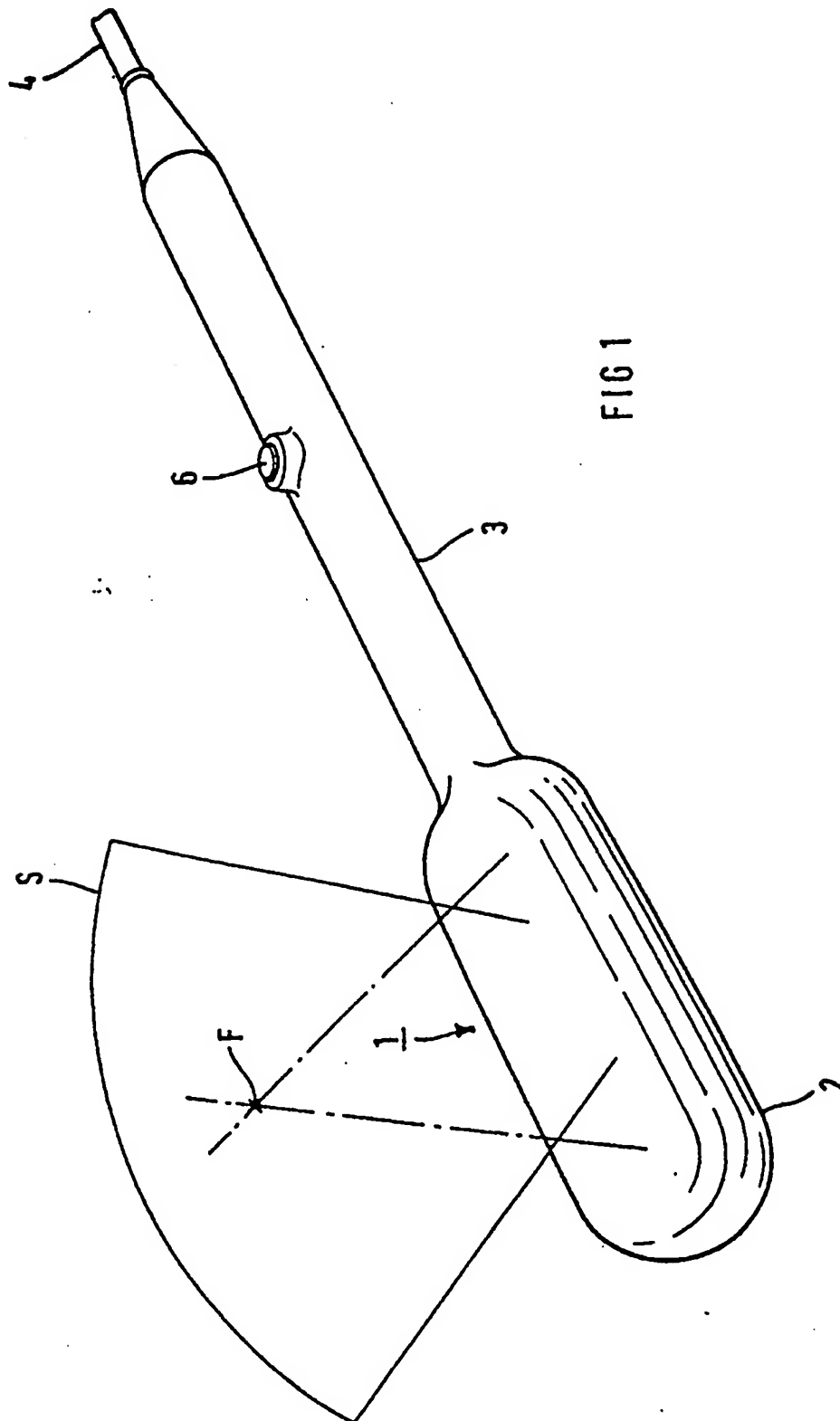


FIG 3

*



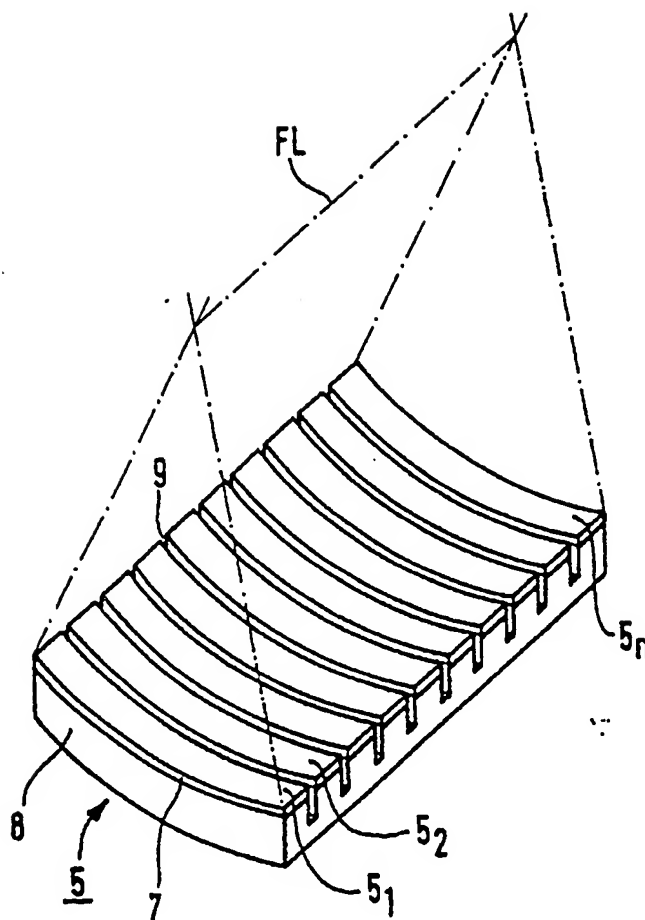


FIG 2

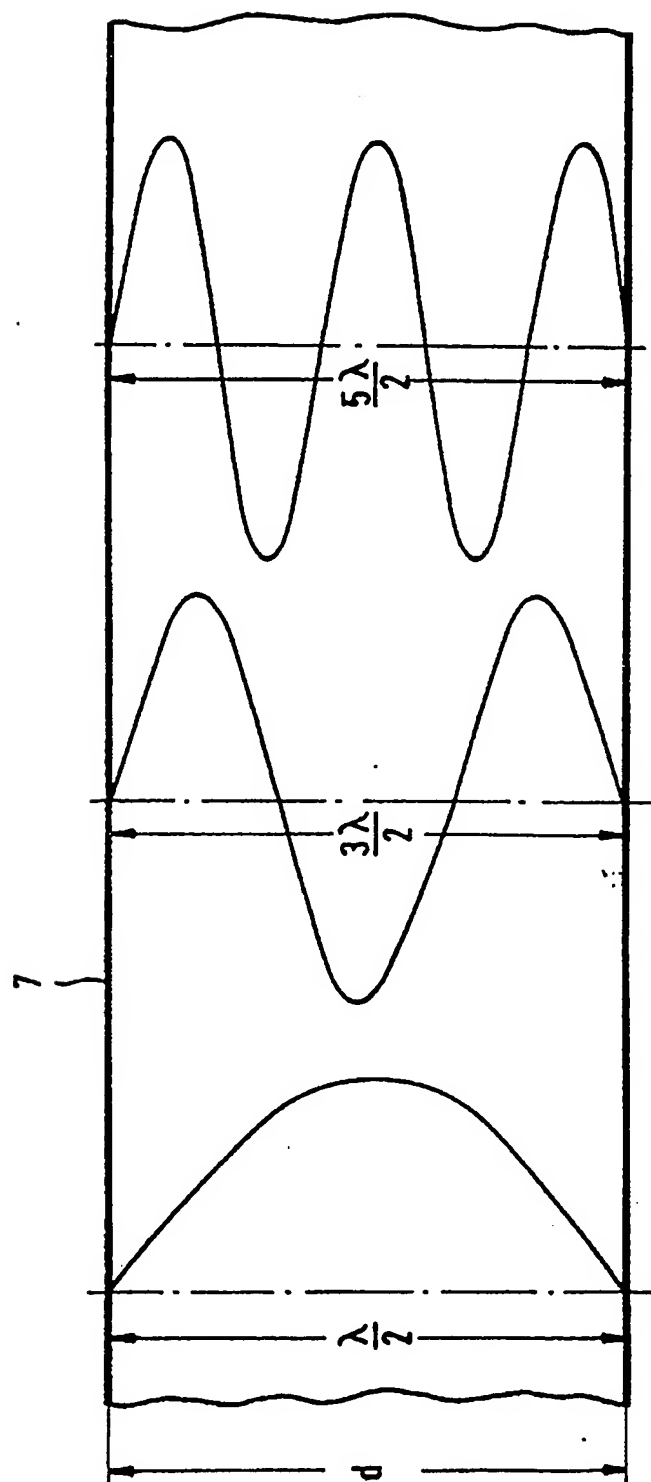


FIG 4